



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MÉXICO

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

ESTUDIO BIOLÓGICO DEL GUSANO PERRO DEL
CAPULÍN *Pterourus multicaudata* W.F. Kirby
(LEPIDOPTERA: PAPILIONIDAE) EN DOS LOCALIDADES
DEL ESTADO DE MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
PRESENTA:

EDITH JIMENEZ GALVAN

COMITÉ DE TUTORES

Dr. Álvaro Castañeda Vildózola. Tutor Académico

Dr. Jesús Ricardo Sánchez Pale. Tutor Adjunto

Dr. Sotero Aguilar Medel. Tutor Adjunto

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Agosto 2020

RESUMEN

Se exploró la abundancia y aspectos biológicos de *Pterourus multicaudata* en árboles de capulín (*Prunus serotina* Ehrn.) en dos localidades del Estado de México: el Cerrillo Piedras Blancas, Toluca y Agua Bendita, Timilpan durante enero – diciembre 2016 y enero –septiembre 2017. La duración de su ciclo biológico fue de 96.83 ± 6.66 días, desde huevo hasta la emergencia del adulto y la larva presentó cinco estadios larvarios. A través de un análisis de correlación de Pearson se determinó la relación entre huevos y larvas con temperatura y humedad. Se encontró al endoparásitoide gregario *Pteromalus* cf. *puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae) solamente en el estado de pupación de *P. multicaudata* obteniendo un 39% de parasitismo. La emergencia de las avispas inició a los 46.15 días después de su exposición a parasitismo, con un promedio de 144 avispas/pupa, donde las hembras superaron en número a los machos con una relación hembra: macho (4: 1).

Palabras clave: papilionido, parasitismo, fluctuación poblacional

ABSTRACT

The abundance and biological aspects of *Pterourus multicaudata* in capulin trees (*Prunus serotina* Ehrn.) Were explored in two locations in the State of Mexico: Cerrillo Piedras Blancas, Toluca and Agua Bendita, Timilpan during January – December 2016 and January – September 2017. The duration of its biological cycle was 96.83 ± 6.66 days, from egg to adult emergence and the larva presented five larval stages. Through a Pearson correlation analysis, the relationship between eggs and larvae with temperature and humidity is determined. The gregarious endoparasitoid *Pteromalus* cf. *puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae) only in the pupation state of *P. multicaudata* obtaining 39% parasitism. The emergence of the wasps updated at 46.15 days after exposure to parasitism, with an average of 144 wasps / pupa, where females outnumbered males with a female: male ratio (4: 1).

Keywords: papillionide, parasitism, population fluctuation

ÍNDICE

DEDICATORIAS	1
AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INDICE DE CUADROS	7
INDICE DE FIGURAS	8
I. INTRODUCCION	11
OBJETIVOS	13
HIPOTESIS	14
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	15
2.1 Antecedentes	15
2.2 Clasificación	16
2.3 Clasificación taxonómica	16
2.4 Distribución	17
2.5 Plantas Hospederas	18
2.6 Hábitat.....	18
2.7 Importancia Agronómica	18
2.8 Importancia Biológica	19
2.9 Fluctuación poblacional.....	20
2.10 Determinación de estadios larvarios	21
2.11 Parasitismo en Papilionidae	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 Zona de estudio	24
3.2 Muestreos en campo.....	26
3.3 Estudio biológico de <i>Pterourus multicaudata</i>	27
3.3.1 Obtención de cápsulas cefálicas.....	29
3.3.2 Determinación de instares larvales	29
3.3.3 Obtención de pupas	30
3.4 Exposición de pupas a parasitismo	31
3.5 Obtención del parasitoide.....	32
3.5.1 Porcentaje de parasitismo.....	32
3.5.2 Proporción de Sexos	33

IV.	RESULTADOS	34
	4.1 Fluctuación poblacional.....	34
	4.2 Análisis de Correlación.....	39
	4.3 Biología.	41
	4.4 Determinación de estados larvarios	44
	4.5 Identificación del parásito.....	45
	4.6 Parasitismo	46
V.	DISCUSIÓN.	49
	5.1 Fluctuación poblacional.....	49
	5.2 Biología.	52
	5.3 Parasitismo.	53
	5.4 Carta de aceptación de revista.....	56
VI.	CONCLUSIONES.....	57
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	58

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Análisis de correlación de Pearson entre fluctuación poblacional de huevos, larvas, temperatura y humedad para 2016.....	39
2. Análisis de correlación de Pearson entre fluctuación poblacional de huevos, larvas, temperatura y humedad para 2017.....	40
3. Determinación de estadios larvarios.....	44
4. Número, porcentaje de machos y hembras de <i>P. cf. puparum</i> que emergieron de las pupas de <i>Pterourus multicaudata</i>	48

INDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1. Cerrillo Piedras Blancas, Toluca (Zona Centro del Estado de México).....	25
2. Agua Bendita, Timilpan (Zona Norte del Estado de México).....	25
3. Medición longitudinal del cuerpo de larvas de <i>P. multicaudata</i> ...	27
4. Cría de <i>P. multicaudata</i> en condiciones semicontroladas.....	28
5. Cría artificial de <i>P. multicaudata</i> en frascos plásticos.....	29
6. Medición de los puntos extremos laterales de la cápsula cefálica.....	30
7. Pupa adherida a una de las ramas del árbol con la ayuda de pegamento e hilo.....	31
8. Avispas emergiendo de la pupa.....	32
9. Comportamiento de los instares larvales respecto a la temperatura y humedad relativa para la localidad el Cerrillo en el año 2016.....	35
10. Comportamiento de los instares larvales respecto a la temperatura y humedad relativa para la localidad de Agua Bendita en el año 2016.....	36
11. Comportamiento de los instares larvales respecto a la temperatura y humedad relativa para la localidad el Cerrillo en el año 2017.....	38
12. Comportamiento de los instares larvales respecto a la temperatura y humedad relativa para la localidad Agua Bendita en el año 2017.....	38

13. <i>Pterourus multicaudata</i> , inmaduros y adulto criados en condiciones de laboratorio en <i>Prunus serótina</i>	41
14. <i>P. puparum</i>	45

I. INTRODUCCION

Las mariposas de la familia Papilionidae, se consideran como un grupo modelo para medir la biodiversidad, enfocada a promover su conservación así como indicadores del estado de hábitat (Llorente *et al.*, 1993, Almaraz y León 2014, Llorente *et al.*, 1996). La distribución y abundancia de estas mariposas está íntimamente influenciada por los factores ambientales así como por el grado de alteración de la cubierta vegetal inducida por las actividades antropogénicas que someten a las poblaciones de mariposas a un estatus de susceptibilidad; sin embargo, algunas especies de papiliónidos se han adaptado a las modificaciones que ha sufrido su entorno ambiental e interactúan con plantas cultivadas en los distintos agroecosistemas, y sus larvas se consideran plagas potenciales de especies arbóreas frutales de alto valor comercial incluidas en las familias Rutaceae, Rosaceae, Lauraceae y Anonaceae (Michel 2006, Sada y Madera 2011).

Un problema central en el estudio biológico de los animales, es comprender como se adaptan a su entorno ambiental que es muy variable en tiempo y espacio. Esto tiene aplicación en el campo de la entomología; por ejemplo en los aspectos de su fisiología, comportamiento y supervivencia que están íntimamente ligados a variables abióticas, que ocurren en su entorno ambiental que marcan la pauta para el desarrollo de los eventos biológicos recurrentes en cada especie (Blau 1981, Chandra *et al.*, 2013).

México, carece de conocimientos biológicos así como de la fluctuación poblacional de las mariposas Papilionidae, situación que evidencia un total olvido

del grupo y sin bases para definir su estatus ecológico, la familia aún sigue plagada de dificultades taxonómicas y es rica en matices evolutivos (Shiraiwa *et al.*, 2014).

Por ejemplo especies como *Pterourus esperanza* (Beutelspacher 1975), un papiliónido endémico de Oaxaca, está catalogado como especie amenazada y se desarrollan investigaciones que contribuyan a su conservación (Almaraz y Leon 2014)

Sin embargo otros Papilionidae como *Pterourus multicaudata*, su desconocimiento es amplio, sin embargo existen reportes de estar considerada como plaga de interés forestal (Cibrián *et al.*, 1995).

Los estudios con respecto al conocimiento de *P. multicaudata* en México, se limitan únicamente al estatus de su distribución en las distintas regiones del país y la información sobre la biología, ecología y los agentes bióticos involucrados con la mortalidad de *P. multicaudata* es escasa. Tomando como base los antecedentes que se señalan sobre el escaso conocimiento que se tiene sobre dicha especie en México, se planteo los objetivos de la presente investigación:

OBJETIVOS

General:

Estudiar la biología del *Pterourus multicaudata* en dos localidades del Estado de México.

Específicos:

- Estimar la fluctuación poblacional de *P. multicaudata* sobre capulín (*Prunus serótina* Ehrn.) en dos localidades del Estado de México
- Cuantificar el número de estadios larvarios presentes en esta especie, mediante la medición del ancho de la cápsula cefálica
- Identificar los parasitoides asociados a *P. multicaudata*

HIPOTESIS

La presencia de *Ptereorus multicaudata* tiene una íntima relación con la fenología de su hospedero así como con el parasitismo involucrado en su desarrollo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Antecedentes

El interés científico por las mariposas en México comenzó con las reales expediciones científicas a la Nueva España, al término del siglo XVIII y principios del XIX, en la fase final de la vida colonial en América. Desde esa época, se han realizado exploraciones y recolectas con el objetivo general de reconocer la gran diversidad que se presenta en el país y la meta particular de conocer la fauna de lepidópteros (Luis *et al.*, 2000).

El reconocimiento de algunos elementos de la fauna de lepidópteros por los antiguos mexicanos que habitaban el Valle de México se enmarca básicamente en un contexto religioso y cultural, debido a atribuciones mágicas que se les asignaron a estos insectos; deificándolos en algunas ocasiones, como es el caso de la diosa "Xochiquetzal" (*Pterourus multicaudata* Kirby, 1884). Entre los teotihuacanos la representación de mariposas en sellos, narigueras, tocados, piezas de cerámica, frescos y muchas otras expresiones artísticas han sido bien reconocidas por varios autores (Luis y Llorente, 1990).

Existen varios trabajos que resaltan aspectos históricos y otros que resumen directa o indirectamente diversos pasajes o periodos de la historia de los estudios de las mariposas mexicanas como Lamas (1981) Luis y Llorente (1990), Llorente y Luis (1993) y De la Maza y De la Maza (1976) que han contribuido con el desarrollo de la lepidopterología en México, específicamente en la superfamilia Papilionoidea.

2.2 Clasificación

La superfamilia Papilionoidea representa el 13% del total de lepidópteros mundiales. En México se estima que, aproximadamente existen 1.800 especies, esto significa que el país contiene el 10% de las especies descritas en todo el mundo. Esta gran riqueza se debe a dos factores: i) México se localiza en la zona de transición que conjuga el solapamiento de dos regiones biogeográficas, la Neártica y la Neotropical, que juntas contienen el 40% del total mundial de este orden, y ii) su situación extratropical e intertropical que a la vez presenta gran cantidad de formaciones orográficas. Ello provoca enorme variedad de climas, que van de los cálidos hasta los más húmedos y diversos tipos de vegetación que van del matorral xerófilo al bosque tropical perennifolio (Luis *et al.*, 2000).

Una de las características morfológicas más reconocibles de la familia Papilionidae es la de poseer en algunas especies una prolongación de la vena M_3 **en las alas traseras, lo que le confiere un formato característico: el tener “colitas”, razón por la cual se los llama vulgarmente con el nombre de “colitas de espada”, “espadachines” y “colas de golondrina”. En inglés se los conoce como “swallowtails” y en portugués como “espadinhas”** (Penco y Di Iorio 2014).

2.3 Clasificación taxonómica

Ptereorus multicaudata, es una mariposa diurna incluida dentro de la Superfamilia Papilionoidea que incluye a las familias Nymphalidae, Lycaenidae, Pieridae y Papilionidae (Triplehorn y Johnson 2005).

De acuerdo con Triplehorn y Johnson (2005) y Wu *et al.*, 2015 la ubicación taxonómica de *P. multicaudata* es la siguiente:

Phylum: Arthropoda
Subphylum: Hexapoda
Clase: Insecta
Subclase: Pterygota
División: Endopterygota
Orden: Lepidoptera
Suborden: Dytrisia
Superfamilia: Papilionoidea
Familia: Papilionidae
Género: *Pterourus*
Especie: *Pterourus multicaudata* W. F. Kirby 1884

2.4 Distribución

Esta mariposa tiene una amplia distribución en el continente americano. Se tienen reportes de su presencia desde el sur de Canadá, que incluye los territorios de Columbia Británica, Alberta y al suroeste de Saskatchewan; el oeste de los Estados Unidos de Norteamérica, México y Guatemala (Sada y Madera 2011, Browner 1958, Salinas *et al.*, 2009, Naturalista 2008).

En México, su presencia está documentada en el Estado de México (Luna y Llorente 2004, Hernández *et al.*, 2008), Guanajuato (**Kir'yanov y Balcazar** 2007), Hidalgo (Ramos *et al.*, 2011), Puebla (Flores 2011), Morelos (López *et al.*, 2017; Luna *et al.*, 2012), Durango (González *et al.*, 2012), Chiapas (Llorente *et al.*, 2014) Tamaulipas (Meléndez *et al.*, 2017) Querétaro (Ramírez y Wallace, 2017) y Oaxaca (Álvarez *et al.*, 2016).

2.5 Plantas Hospederas

Las larvas de *P. multicaudata* son polífagas, se han reportado alimentándose de plantas de cuatro familias botánicas que incluyen a las especies: *Citrus aurantium* L. (Rutaceae); *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh. y *Ligustrum japonicum* Thunb. (Oleaceae); *Salix* spp. (Salicaceae); *Prunus persicae* (L.) Batsch. y *P. serotina*, Ehrh ssp. *capuli* (Cav.) Mc Vaugh) (Rosaceae) (Cibrián *et al.*, 1995, Ramos *et al.*, 2011).

2.6 Hábitat

El Bosque de Coníferas y Encinos es el tipo de vegetación con mayor riqueza de especies de papiliónidos (Oñate *et al.*, 2000) y preferentemente habitan en climas húmedos y tropicales, en donde suelen ser abundantes, pero también se los puede encontrar en climas extremos (Penco y Di Iorio 2014).

P. multicaudata habita en zonas boscosas, con hierbas y los barrancos cerca de cursos de agua (Allen *et al.*, 2005), como la selva baja espinosa caducifolia (Meléndez *et al.*, 2017) aunque también se encuentra en zonas de encharcamiento, montañas o cañones (Scott, 1992).

2.7 Importancia Agronómica

La mayor parte de las especies de lepidópteros son fitófagas, tanto en su fase adulta (cuya alimentación es a base de néctar), como larvaria; en este último caso, y en términos generales, muestran una marcada oligofagia, lo que significa que una especie determinada se alimenta de un rango estrecho de plantas, pero dentro de la misma familia botánica o familias botánicas afines (Viejo *et al.*, 2014).

Desde el punto de vista agrícola, existen papiliónidos considerados plagas potenciales de frutales de alto valor comercial incluidas en las familias Rutaceae, Rosaceae, Lauraceae y Annonaceae (Michel 2006, Sada y Madera 2011). En México, se reporta a especies como *Pyrrhosticta garammas* asociada al aguacate (Lopez *et al.*, 2014); *Heraclides cresphontes*, *Princeps demoleus* son plaga de cítricos (Ruiz *et al.*, 2013, Urretabizcaya *et al.*, 2010, Villado 2006, Rocha y Padrón 2009); *P. polixenes* que es un defoliador del chirimoyo *Annona cherimola* Mill (Anonaceae), y *Papilio podalirius* se ha reportado en frutales diversos (Selfa y Anento 1997).

2.8 Importancia Biológica

La aparición de cualquier especie de lepidóptero es un indicador fiable de la presencia simultánea de otras especies de plantas (recursos alimenticios de la oruga y el adulto), animales (parásitos y depredadores) y un conjunto de factores ambientales particulares (Salazar y Vélez 1991).

Las mariposas son indicadores excelentes de las transformaciones antrópicas del paisaje, en particular de la urbanización. Son sensibles a cambios de temperatura, microclima, humedad y nivel de luminosidad, parámetros que típicamente se alteran con la perturbación de un hábitat determinado (Ehrlich y Raven 1964; Kremen *et al.*, 1993).

La familia papilionidae es relativamente pequeña (551 especies reconocidas aproximadamente), la cual ha estado sometida a un intenso escrutinio taxonómico debido a su popularidad, no obstante aún persisten problemas concernientes a su clasificación interna, parcialmente resultantes de incongruencias entre caracteres

larvales y de adultos (Lamas 2008) es por ello que *P. multicaudata* es usado principalmente en estudios biológicos (Luis *et al.*, 2000).

Sin embargo todos los estudios biológicos están enfocados al adulto y ninguno describe los ciclos larvales, existiendo un vacío muy grande en su descripción morfológica y biológica.

2.9 Fluctuación poblacional

La dinámica de poblaciones es el estudio de los cambios que sufren las comunidades biológicas así como los factores y mecanismos que los regulan permitiendo estimar los niveles poblacionales de los organismos durante un determinado periodo ayudando a determinar las épocas más apropiadas para el control de una determinada plaga (Vargas y Rodríguez 2013; Gerónimo *et al.*, 2013).

Existe una diversidad de factores, tanto bióticos como abióticos que inciden directamente en el tamaño de una población de insectos, tomando como base tres variables: nacimiento, mortalidad y movimiento (migración e inmigración). Estos pueden influenciar el tamaño de una población en dos vías principalmente. Los factores que afectan de manera constante los organismos sin depender del incremento de la densidad poblacional, esta vía considera estos factores que tienen un efecto de densidad-independiente. A diferencia de lo anterior, el efecto de un factor sobre una población, depende de la densidad poblacional, se considera que tiene un efecto de densidad-dependiente (Carrero 2013; Morales *et al.*, 2000).

La dinámica poblacional juega un papel importante en la predicción de estos cambios, y además intenta explicar sus causas (Jervis 2005), convirtiéndose en un

componente básico en la implementación de MIP, conservación de especies de interés y manejo de recursos (Carrero-Sarmiento 2013, Vargas y Rodríguez 2013).

2.10 Determinación de estadios larvarios

Dyar (1890) determinó el número de instares larvales, basado en la anchura de las cabezas de las larvas de insectos holometábolos en sus etapas progresivas, al respecto determinó que la anchura sigue una proporción geométrica regular. Esta afirmación se basa en la aparente similitud y estabilidad, por un determinado tiempo en la anchura esperada y observada de la cabeza de las larvas en cada instar. **A esta técnica se le conoce como “Regla de Dyar” (Huerta 2003).**

Posteriormente esta técnica se empleó para diferenciar instares larvales de lepidópteros, basándose en la distribución de frecuencias de la anchura de la cápsula cefálica de las larvas con la cual es posible pronosticar matemáticamente el número de instares larvales de especies de lepidópteros y compararlos con el número de instares reales (McClellan y Logan 1994; Chapman, 1998; Hernández *et al.*, 2005); sin embargo, la regla de Dyar, es ineficiente en lepidópteros que intra-específicamente posean variabilidad en el número de instares larvarios, lo anterior de acuerdo con Esperk *et al.* (2007) al atribuirlo con el polimorfismo biológico, disponibilidad y calidad del alimento e influencia de factores ambientales como la temperatura, humedad y fotoperiodo

La identificación precisa de los instares larvales requiere estudios básicos de entomología que permitan definir la madurez de larvas de poblaciones silvestres (Hernandez *et al.*, 2005). Actualmente no hay información sobre el número de

instares larvales de *P. multicaudata*, y existen pocos registros de otros papilionidos, por lo cual es difícil inferir el número de mudas que tiene dicha especie.

2.11 Parasitismo en Papilionidae

Los insectos parasitoides constituyen un valioso elemento para mantener el balance en las poblaciones de insecto, principalmente en la agricultura, sin su ayuda al hombre sería incapaz de poder controlar los problemas producidos por ellos. Los parasitoides se alimentan dentro del cuerpo o sobre el hospedero y solo necesita de uno para desarrollar todo su ciclo de vida, generalmente el parasitoide es más pequeño que éste (De la Cruz, 2005).

El conocimiento del complejo de enemigos naturales de los insectos es un requerimiento básico desde la perspectiva de la ciencia, así como transcendental dentro del ámbito de la entomología económica. Por ejemplo, Santhosh y Basavarajappa (2017) citan que el 95 % de todas las especies de Lepidoptera mueren antes de llegar a la edad adulta por la acción directa de entomopatógenos, depredadores y parasitoides.

Existen diversos parásitos que usan a mariposas como hospederos, atacando en diferentes instares de dichos lepidopteros desde huevo hasta pupa (Cortez *et al.*, 2014).

En el caso de la familia Papilionidae, las especies de parasitoides más comunes de sus etapas de huevo, larva y pupa pertenecen a los órdenes Hymenoptera (Chalcidoidea e Ichneumonoidea) y Diptera (Tachinidae) (Zitani *et al.*, 1997, Swarno 2010, Gaikwad *et al.*, 2011, De Souza *et al.*, 2013, Krishna *et al.*, 2014, De Souza *et al.*, 2015, Kan y Kan 2015). Los parasitoides chalcidoideos

pertenecen a las familias Aphelinidae, Chalcididae, Encyrtidae, Eulophidae, Eupelmidae, Pteromalidae, Torymidae y Trichogrammatidae y en conjunto parasitan 41 especies de Papilionidae (Noyes 2018).

De la familia Pteromalidae se ha reportado a *Pteromalus luzonensis*, *P. microps*, *P. platensis* y *P. puparum* parasitando a *Papilio* sp.; *P. cassotis*, *P. puparum* y *Tritneptis hemerocampae* a parasitan a *Papilio ajax* y *Papilio polyxenes*; *P. cassotis* y *P. puparum* han sido reportados con *Papilio cresphontes*; *P. platensis* y *P. puparum* a *Papilio thoas*. La avispa *Pteromalus puparum* ha sido reportada como parasitoide de once especies de *Papilio*: *P. ajax*, *P. cresphontes*, *P. demodocus*, *P. demoleus*, *P. machaon*, *P. memnon*, *P. palamedes*, *P. polytes*, *P. polyxenes*, *P. thoas* y *P. xuthus* (Noyes 2018).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Zona de estudio

Este estudio se realizó de enero a diciembre de 2016 y enero a septiembre de 2017 en dos localidades del Estado de México.

La primera se localizó en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México (zona centro del estado de México) ubicada en la localidad del Cerrillo Piedras Blancas, municipio de Toluca (19°24'32.49" N, 99°41'20.86" W y 2,612 m.s.n.m). El lugar corresponde a un área agrícola de secano, cultivada anualmente con maíz e incluye vegetación arbórea introducida, como el capulín, tejocote, membrillo, pino, cedro blanco y eucalipto. De acuerdo a la clasificación climática de Köppen (1948) y modificado por García (2004), el clima de este lugar corresponde al *C(w2)(w)b*, templado subhúmedo, con lluvias en verano, el más húmedo de los subhúmedos, con temperatura media anual entre 5 y 12°C, temperatura del mes más frío entre 3 y 18°C, del mes más caliente entre 6.5 y 22°C, con verano fresco y largo y precipitación media anual de 950 mm.

La segunda en la comunidad de Agua Bendita, municipio de Timilpan de la zona norte del Estado de México (19°52'30" N, 99°44'06" W. y 2658 m.s.n.m). El Municipio cuenta con una superficie total de 17,702.45 ha, de éstas, la mayor parte, el 33.80% está dedicado al sector agrícola el cual representa 6.078.5 ha, cuya producción de maíz, frijol, cebada, avena forrajera así como zanahoria, lechuga, acelga y cilantro está destinada principalmente al autoconsumo. En segundo término se registra el 26.47% del territorio con uso forestal, posteriormente los cuerpos de agua ocupan el 19.13% del total del territorio; el 13.77% es dedicada al

sector pecuario (H. Ayuntamiento de Timilpan, 2003). Igualmente García (2004) menciona que el clima de este lugar corresponde al C(w2)(w)b, templado subhúmedo con lluvias en verano con una temperatura media de 13.3°C y precipitación media anual de 963 mm.



Figura. 1. Cerrillo Piedras Blancas, Toluca (Zona Centro del Estado de México)



Figura. 2. Agua Bendita, Timilpan (Zona Norte del Estado de México)

3.2 Muestreos en campo

En cada localidad se marcaron 20 árboles de capulín, distribuidos aleatoriamente en una superficie de 5 ha en el caso del Cerrillo y 3 ha en Agua Bendita. La altura de los árboles estuvo en un rango de 1.50 a 4.5 m; un año previo al estudio, los árboles seleccionados, mostraron una población constante de huevos y larvas de *P. multicaudata*. En cada sitio se tomaron datos climáticos con un datalogger (EL-USB-2, LASCAR, Electronics, China) con la finalidad de determinar su influencia en las poblaciones de *P. multicaudata*.

Cada árbol se revisó por completo semanalmente por 20 min cuantificando los huevos y larvas de diferentes estadios de desarrollo presentes en cada unidad experimental (árbol).

Todos los muestreos se realizaron en un horario de 9 a 16 hrs, para el reconocimiento de la especie se estudiaron previamente imágenes de dicha especie proporcionadas en Butterflies of American (2015).

Cada insecto encontrado era registrado y medido longitudinalmente con un vernier digital Mitutoyo Absolute Digimatic® posteriormente la hoja era etiquetada y registrada para evitar la confusión con otro individuo (Figura 3).



Figura. 3. Medición longitudinal del cuerpo de larvas de *P. multicaudata*

En el caso de los adultos estos eran registrados por transecto lineal, en el recorrido de la superficie donde se encontraban los árboles. Los muestreos se realizaron en un aproximado de 9:00 a 16 h debido a que los insectos eran más visibles en este lapso de tiempo, además parecían ser más activos cuando había mayor intensidad lumínica (11:00 a 14:00 h).

3.3 Estudio biológico de *Pterourus multicaudata*

Se recolectaron 48 huevos ovipositados sobre las hojas de capulín; posteriormente se trasladaron al laboratorio y se colocaron en cajas Petri (5.5 cm de diámetro) con papel servitoalla húmedo que actuó como sustrato de incubación. Diariamente fueron observados para determinar el número de días requeridos para la emergencia de las larvas; posteriormente las larvas neonatas, se mantuvieron en frascos de plástico (de 14.0 × 10.0 cm), con hojas frescas de capulín que sirvió como alimento y renovadas cada tres días. Los frascos se cubrieron con tela tul para evitar el escape de las larvas. Se realizaron observaciones diarias para determinar el

número, duración y descripción de los estadios larvarios que ocurren así como de las pupas, tomando como referencia la terminología propuesta por Igarashi (1984). Las pupas obtenidas se midieron longitudinalmente; posteriormente se depositaron en recipientes de 15.0 × 11.5 cm, y se cubrieron con tela tul para evitar el escape de los adultos cuando emergieran (Figura 4 y Figura 5). Adicionalmente, se recolectaron 153 larvas de diferentes estadios y 15 pupas para complementar el estudio biológico. El cuarto de cría se mantuvo a 17°C y 90% de humedad relativa. Finalmente, los datos de las medidas se procesaron con el programa estadístico SAS (SAS System for Windows 9.0) para determinar el promedio del diámetro del huevo, longitud del cuerpo de las larvas y pupas; los promedios se presentan con su respectivo error estándar hasta donde es posible.



Figura. 4. Cría de *P. multicaudata* en condiciones semicontroladas.



Figura. 5. Cría artificial de *P. multicaudata* en frascos plásticos

3.3.1 Obtención de cápsulas cefálicas

Las capsulas cefálicas, se obtuvieron directamente de las mudas que expulsaron las larvas criadas en cautiverio acumulándose un total de 157.

3.3.2 Determinación de instares larvales

Para determinar el número de instares larvales presentes en el papiliónido se recurrió a realizar una tabla de frecuencias acomodando de menor a mayor las medidas de las cápsulas cefálicas obtenidas en la cría. Para la medición se utilizó el método de medición por análisis computarizado de imágenes. Las imágenes de las cápsulas cefálicas se obtuvieron con un fotomicroscopio TessoVar Carl Zeiss®, y una cámara digital para microscopía PAXCM 3. Las imágenes se numeraron y guardaron en formato JPG, registrando las medidas obtenidas mediante un micrómetro de objetivo Carl Zeiss, graduado en centésimas de milímetros para calibrar el analizador de imágenes. Para el análisis de las imágenes de las cápsulas cefálicas se usó el programa Image Tool 3.0® (Wilcox *et al.*, 2002).

Con la imagen de la reglilla micrométrica se calibró el programa y se utilizó el milímetro como unidad de medida. El ancho de la cápsula cefálica de cada larva fue medido desde el punto más extremo de los bordes laterales de cada cápsula (genas) como se ilustra en la figura 6. Las medidas de las cápsulas cefálicas fueron analizadas por análisis de frecuencias. Finalmente, los datos de las medias se procesaron estadísticamente con el programa estadístico SAS (SAS System for Windows 9.0) para determinar el promedio y longitud de las capsulas cefálicas agrupadas en cada estadio.



Figura. 6. Medición de los puntos extremos laterales de la cápsula cefálica

3.3.3 Obtención de pupas

Las larvas de quinto estadio, próximas a iniciar el estado de prepupa (cambio de coloración de verde claro a café claro), se colocaron individualmente en el interior de frascos (14.0 × 10.5 cm), con una rama de capulín de aproximadamente 10 cm largo. Las larvas se fijaron a la rama para iniciar la pupación, además, la rama facilitó la manipulación de las pupas para el estudio de parasitismo. Se midió la longitud del cuerpo de la pupa así como su duración en días.

3.4 Exposición de pupas a parasitismo

Una vez obtenida la pupa fresca, la parte expuesta por la rama se pegó al árbol y permaneció en campo durante 15 días de manera que se parasitara naturalmente, posteriormente se recolectó y se guardó en frascos plásticos transparentes individuales de 1 l para su posterior observación (Figura 7).



Figura. 7. Pupa adherida a una de las ramas del árbol con la ayuda de pegamento e hilo

De las larvas criadas bajo el procedimiento previamente mencionado, una muestra de **28 pupas denominadas “centinelas” de un día de edad, fueron** expuestas a parasitismo. Las pupas se adhirieron sobre las paredes de casas a una altura de 1.5 m, cercanas a un árbol de capulín; se evaluaron ocho pupas en el Cerrillo, Piedras Blancas (25 junio 2016), y diez pupas en Santa Cruz Atzacapotzaltongo (09 agosto 2016) y en Timilpan (08 Septiembre 2016), respectivamente. En Santa Cruz Azcapotzaltongo se realizaron observaciones del comportamiento de los parasitoides sobre las pupas expuestas a parasitismo. Quince días después, se retiraron y se colocaron individualmente en frasco para

esperar la emergencia de parasitoides o mariposas. Los frascos fueron mantenidos a 17°C y una humedad relativa de 60%.

3.5 Obtención del parasitoide

Para asegurar la emergencia total de las avispas parasitoides que emergieron de las pupa parasitadas; estas se mantuvieron en observación por 15 días hasta la emergencia de la última avispa, sin embargo se observó, en todos los casos que los parasitoides emergieron entre los cinco a 8 días, después de la aparición de la primera avispa. Los adultos de los parasitoides se conservaron en etanol al 70 % y se enviaron al Dr. Hannes Baur, Institute of Ecology and Evolution, University of Bern, Bern, Switzerland, para su determinación específica.



Figura. 8. Avispas emergiendo de la pupa

3.5.1 Porcentaje de parasitismo

Se realizó una proporción de sexos la cual se obtuvo mediante el conteo de parasitoides emergidos por espécimen recolectado, mediante la relación $(A/B) \cdot 100$

donde A es el número final de parasitoides emergidos y B es el número inicial de huésped fitófago (Tovar *et al.*, 2007).

3.5.2 Proporción de Sexos

De las pupas parasitadas se realizó un análisis **de χ^2** para poder conocer la proporción hembra macho (Freitas y Ramos 2001; Swarno 2010; Scalco *et al.*, 2016)

IV. RESULTADOS

4.1 Fluctuación poblacional.

Con datos obtenidos de los muestreos de campo en ambos años, se aprecia que para el 2016, en la localidad del Cerrillo, los huevos se registraron a partir de abril, al igual que las larvas, aunque la mayor abundancia de huevos ocurrió en julio y agosto (41.75 ± 10.63 y 26.75 ± 6.02 respectivamente), mientras que en larvas fue de julio a septiembre (37.75 ± 21.44 y 40.2 ± 10.11) y decreció de noviembre a diciembre (Figura 9). La temperatura y la humedad relativa fueron elevadas, los cuales coincidieron con la mayor abundancia solo en el caso de huevos. Las mayores humedades relativas fueron de junio a octubre, y se observó claramente que a valores más altos (agosto 72.7% y septiembre 74.17%) los imagos alcanzaron una mayor cantidad de unidades con 51 ± 13.11 y 40.02 ± 10.11 larvas respectivamente. Los primeros adultos se documentaron en abril y su presencia se mantuvo constante hasta octubre (Figura 9). En campo no se observaron pupas sobre los árboles muestreados; una posible explicación es que las larvas próximas abandonan los árboles para pupar fuera de ellos. El supuesto es respaldado por la presencia de estas alejadas de los árboles donde se alimentaron en estado larval, generalmente en paredes. Otra explicación es que las larvas de quinto instar son vistosas y de un tamaño más considerable para observar por lo cual son presa de la mayoría de las aves que co-habitan su entorno, siendo devoradas antes de lograr pupar.

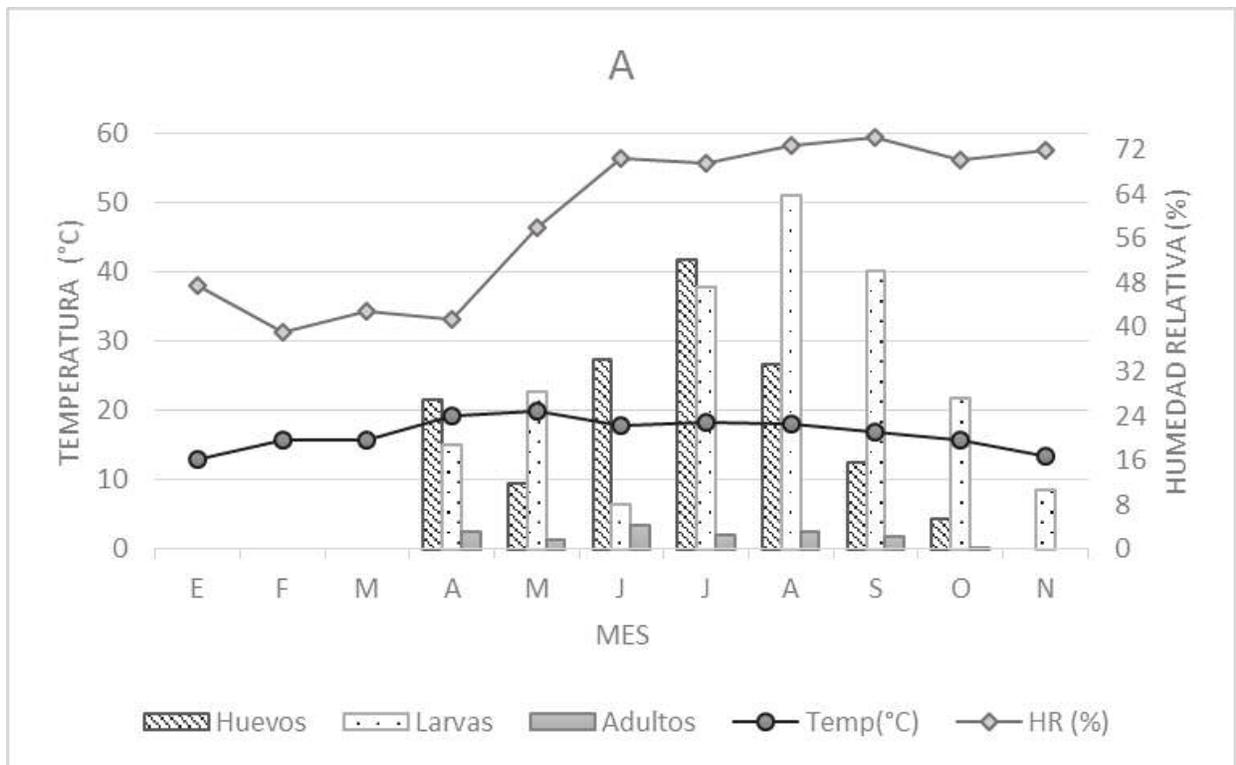


Figura 9. Comportamiento de los instares larvales respecto a la temperatura y humedad relativa para la localidad el Cerrillo en el año 2016.

En el caso de Agua Bendita, para el mismo año 2016 los huevos estuvieron presentes desde abril a noviembre con mayor presencia en junio y julio, se observa que el incremento de población no es necesariamente mayor debido a la temperatura, con valores promedio de 14.77°C y 16.28°C respectivamente, sin embargo se observó claramente que la humedad influye de manera significativa y positiva, ya que al tener los valores altos en dichos meses (86.89% y 82.72%) se incrementa su población (Figura 10), sin embargo disminuyeron dramáticamente iniciando noviembre. Los inmaduros se observaron a partir de mayo aunque no existió variación de estos hasta noviembre permaneciendo con los mismos valores en todo ese año; sin llegar a 10 unidades por muestreo. Por otra parte, los adultos

se observaron desde abril hasta noviembre, registrándose una disminución de individuos al decrecer las temperaturas.

Cabe mencionar que esta localidad; ubicada en la zona norte del Estado de México, para el 2016, presentó cantidades similares a la zona centro (Cerrillo) para todos los instares muestreados aunque con cantidades muy por debajo de esta.

En ninguna de las dos localidades se registró la presencia de pupas.

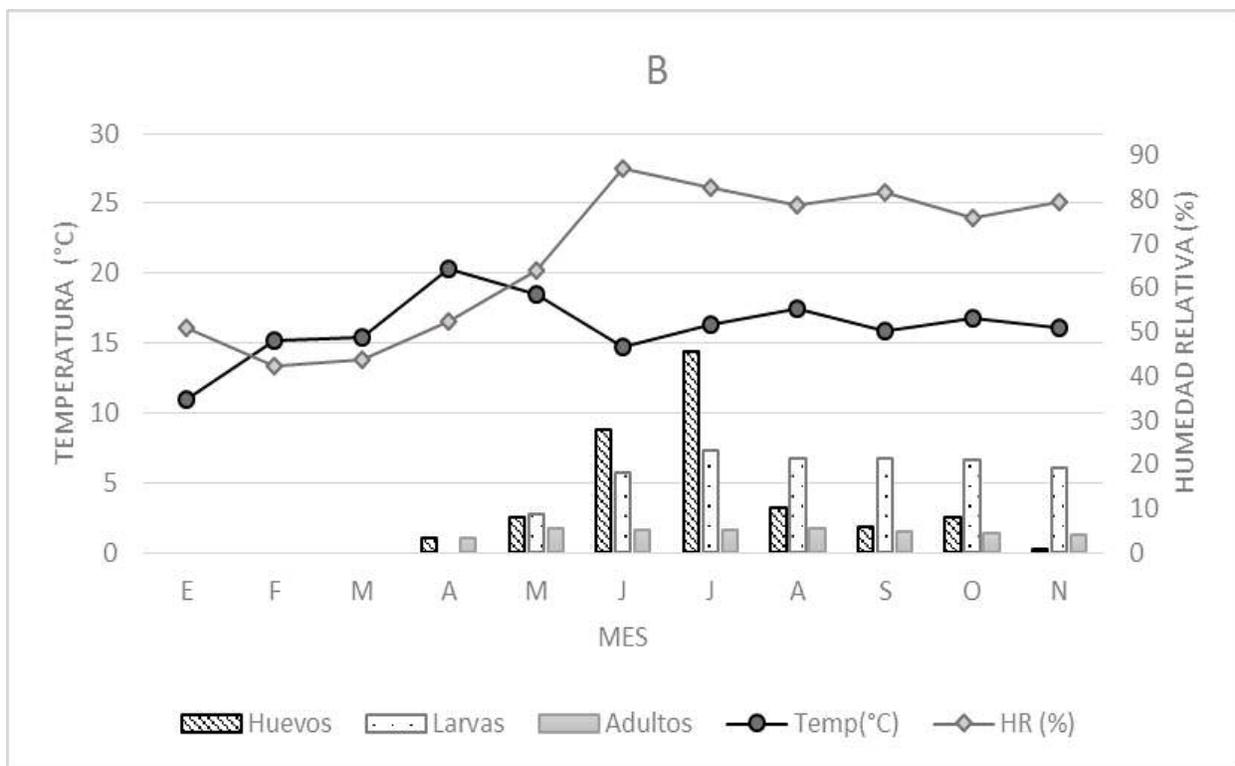


Figura 10. Comportamiento de los instares larvales respecto a la temperatura y humedad relativa para la localidad de Agua Bendita en el año 2016

En el 2017, la presencia de los diferentes estados de desarrollo de *P. multicaudata* fue similar al 2016 en ambas localidades, excepto que éstos se registraron a partir de febrero en las dos localidades (Figura 11 y Figura 12).

En la localidad de Cerrillo se notó claramente que a partir de mayo existe una dependencia entre temperatura y huevos así como humedad relativa y larvas. En el gráfico se aprecia que al disminuir la temperatura lo hace igualmente el número de huevos y en caso contrario al aumentar las humedades relativas también lo hacen el número de larvas. Esta relación se muestra a lo largo de 5 meses.

Con respecto a los huevos estos tuvieron un máximo en el mes de mayo con un promedio de 37 ± 6.98 , y un mínimo de 5 ± 2.8 en febrero. Por otra parte las larvas tuvieron un máximo en junio con un valor de 53.4 ± 5.77 y un mínimo en febrero al igual que los huevos.

Por otra parte, en Agua Bendita se observó que la temperatura y humedad influyen en un equilibrio entre los huevos y las larvas; por ejemplo en todos los muestreos se aprecia que al incrementarse la temperatura también aumenta el número de huevos, a excepción de febrero y septiembre que se manejan de manera diferente. En los meses de mayo, junio y julio se aprecia claramente el aumento de las larvas al incrementarse la humedad relativa. Con lo cual este gráfico muestra cierta tendencia entre humedad y larvas así como temperatura y huevos.

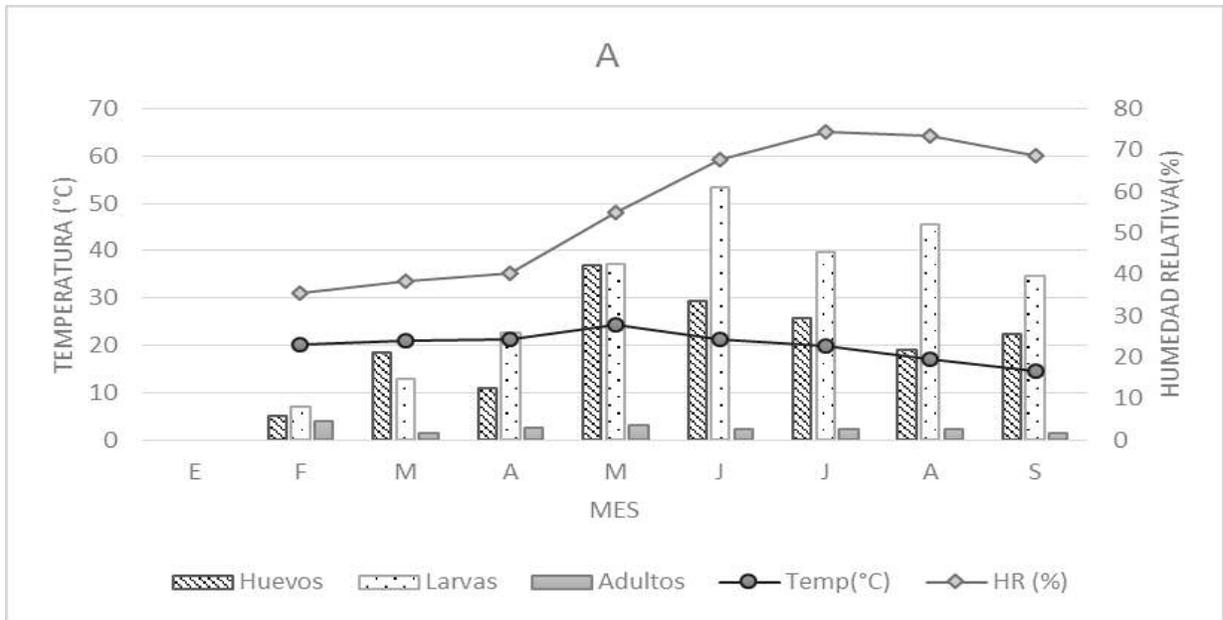


Figura 11. Comportamiento de los instares larvales respecto a la temperatura y humedad relativa para la localidad el Cerrillo en el año 2017

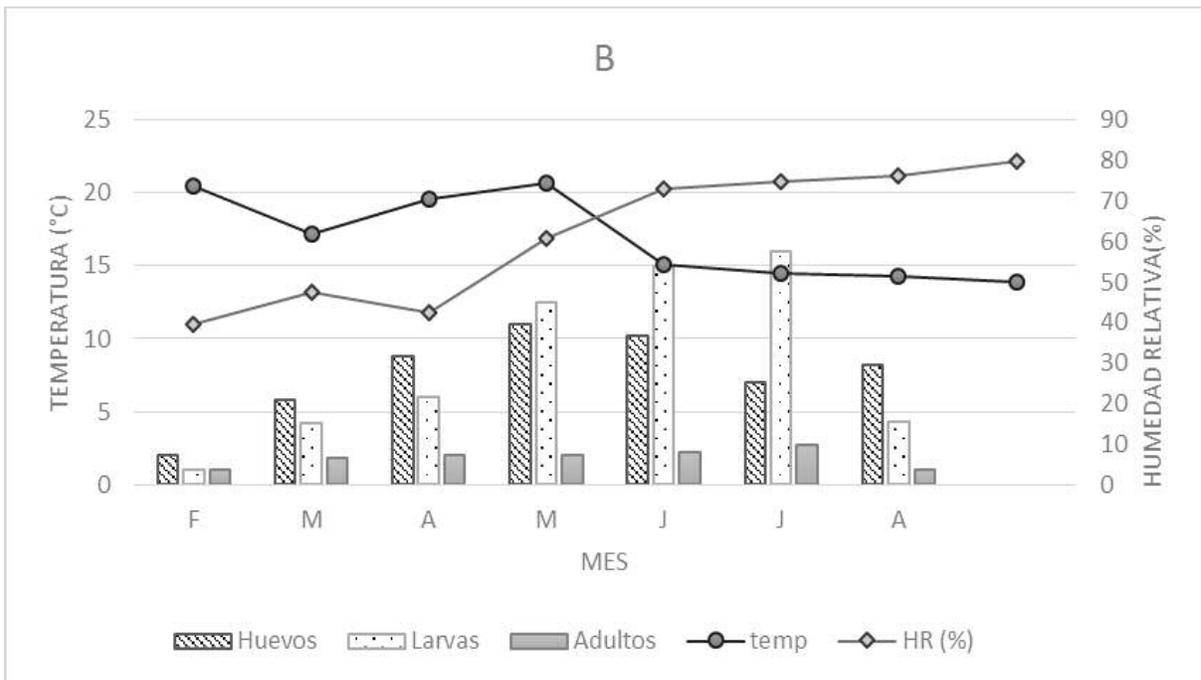


Figura 12. Comportamiento de los instares larvales respecto a la temperatura y humedad relativa para la localidad Agua Bendita en el año 2017

4. 2 Análisis de Correlación

Se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson para las poblaciones del Cerrillo y Agua Bendita, con respecto a la temperatura y humedad relativa.

En 2016, se determinó que cuando la temperatura y humedad relativa aumentan (a excepción de la temperatura en Agua Bendita), paralelamente aumentó también el número de huevos, sin embargo ninguno con significancia **estadística ($\alpha = 0.01$)**.

En el caso de larvas, para ambas localidades, se estimó una correlación negativa con la temperatura, es decir, al disminuir la temperatura aumenta el número de larvas, sin embargo solo fue estadísticamente significativo en Agua bendita ($r = -0.897^{**}$). La humedad relativa solo fue significativa en Agua bendita ($r = 0.866^{**}$) a pesar de que en ambas localidades se encontró una correlación positiva (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de correlación de Pearson entre fluctuación poblacional de huevos, larvas, temperatura y humedad para 2016.

	Cerrillo		Agua Bendita	
	T	H	T	H
NH	0.233	0.084	-0.461	0.494
NL	-0.300	0.482	-0.897**	0.866**

NH: número de huevos, NL: número de larvas, T: temperatura, H: humedad relativa **: $p \geq 0.01$

En el 2017 se determinó que, la temperatura y humedad está estrechamente relacionada con el número de huevos y larvas, para ambas localidades resultaron con una correlación positiva y altamente significativa, como se puede observar en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis de correlación de Pearson entre fluctuación poblacional de huevos, larvas, temperatura y humedad para 2017.

	Cerrillo		Agua Bendita	
	T	H	T	H
NH	0.947**	0.938**	0.992**	0.991**
NL	0.955**	0.957**	0.867**	0.864**

NH: número de huevos, NL: número de larvas, T: temperatura, H: humedad relativa, **: $p \geq 0.01$

4.3 Biología.

Biología. El ciclo completo desde huevo hasta adulto requirió un promedio de 96.83 ± 6.67 días. En la Figura 13 se muestra el desarrollo de cada instar.



Figura 13. *Pterourus multicaudata*, inmaduros y adulto criados en condiciones de laboratorio en *Prunus serotina*. 13A. Huevo sobre el haz de la hoja. 13B. Primer estadio 13C. Segundo estadio. 13D. Tercer estadio 13E. Cuarto estadio. 13F Quinto estadio. 13G. Pupa. 13H. adulto en vista dorsal.

Huevo: De acuerdo con la categorización propuesta con Igarashi (1984) son de forma esférica y corion liso, ovipositados individualmente y en casos raros en grupos no mayores a 5 (de 1 a 5) por hoja. Cuando están recién ovipositados son de color

verde alimonado, a los 4-7 días después de su oviposición son de color marrón y finalmente adquieren coloración oscura próximos a eclosionar (Figura 13A). Tienen un tamaño de entre 3.67 ± 0.26 mm y su duración es de 7.1 ± 0.95 días (n= 48).

Primer Instar: Las larvas son eruciformes, capsula cefálica de color negro y retraída en el tórax que está abultado. Cuerpo de color negro, los segmentos dos y tres del dorso del abdomen de color blanco tenue, con presencia de prominentes tubérculos laterales en el margen anterior del mesotórax y a lo largo del cuerpo (Figura 13B), con una longitud de 4.68 ± 0.58 mm. Su duración en días fue de 8.5 ± 1.76 . n=148.

Segundo Instar: Corresponden a larvas de color negro, al igual que la cápsula cefálica, la coloración es blanca en los segmentos dos y tres abdominales, aún conservan la coloración tenue y el tamaño de los tubérculos dorsales abdominales decrecen en tamaño, excepto los del segmento diez. La longitud fue de 10.71 ± 1.67 mm (Figura 13C). Su duración en días fue de 9.15 ± 5.47 . n= 148.

Tercer instar: Larvas de coloración marrón, muestran una coloración blanca que inicia del primero y cuarto segmento abdominal, adquieren una forma que se le conoce como **“silla de montar”** (Igarashi 1984). **Protórax con una glándula de olor** eversible (osmeterio), en esta etapa es mucho más visible aunque la poseen desde el primer instar. Alcanzan una longitud de 21.22 ± 3.28 mm (Figura. 13D). Su duración en días fue de 21.22 ± 3.28 . n=148.

Cuarto instar: Las larvas adquiere una coloración verde opaco. Los segmentos torácicos son abultados, pero el mesotorácico muestra más abultamiento y en su parte alta presenta dos manchas de color amarillo y bordes de color negro en cada margen lateral, que aparentan ojos dándole la forma típica como vulgarmente se **conoce a esta larva como “gusano perro”**. En el margen posterior del metatórax se

observa una línea gruesa de color blanco que contrasta con una negra con la del margen anterior del primer segmento abdominal, los tubérculos torácico y abdominales han desaparecido al igual que la coloración blanca de los segmentos dos y tres empieza a desvanecerse. Sin la presencia de los tubérculos torácicos y abdominales que aun mostraba en los estadios del uno al tercero. Se determinó una longitud de cuerpo de 36.54 ± 4.20 mm (Figura. 13E). Su duración en días fue de 11.7 ± 4.48 . n=128.

Quinto Instar o Prepupa: Larva de color verde brillante y con características morfológicas muy similares al cuarto estadio, excepto que no presenta las manchas blancas en los segmentos dos y tres. Pseudopatas con corchetes biordinales o triordinales en mesoserie de A3 a A6. Triordinales en círculo con interrupciones hacia la parte caudal en A10 que concuerda con lo reportado por (Coto 1998) para esta especie. Su longitud fue de 44.93 ± 1.83 mm (Figura. 13F), y una duración en días de 11.1 ± 2.95 . n=65.

Pupa: El integumento muestra tres patrones de coloración; el dorso es recorrido por una línea de color ocre que esta flanqueada por líneas irregulares de color blanco. La región torácica presenta cinco protuberancias que asemejan a cuernos. La pupa se adhiere al sustrato a través de dos puntos de fijación, el primero a través de un cordón de seda que sostiene a la pupa a partir del segmento metatorácico y el segundo punto corresponde a la presencia de seda que fija al cuerpo desde su región caudal, con una longitud de 43.67 ± 1.23 mm. (Figura 13G). Su duración en días fue de 35.87 ± 1.81 . n= 15.

Adulto: Es una mariposa diurna de colores llamativos. De color amarillo con cuatro bandas negras en las aletas delanteras. Los márgenes de las alas son de color

negro con una hilera marginal de manchas amarillas. Una descripción más detallada puede ser consultada en Cibrián *et al*, (1995). (Figura 13H) n=10.

4.4 Determinación de estados larvarios

Los valores del ancho de las capsulas cefálicas estuvieron en un rango de 1.05 a 4.55 mm, que de acuerdo con el número de mudas registradas, cinco estadios larvarios ocurren en esta especie. Los estadísticos descriptivos como media, desviación estándar y número de larvas incluidas en cada estadio, se incluyen en el Cuadro 3. La constante de Dyar mostró valores de 1.30 a 1.51, lo que sugiere una progresión geométrica del crecimiento de la capsula cefálica de cada instar larvario de *P. multicaudata*, tal como lo señala la regla de Dyar (Dyar 1890).

Cuadro 3. Determinación de estadios larvarios

Instar	n	Media \pm SD (mm)	Rango	Regla de Dyar
1	30	1.0536 \pm 0.0742	0.957–1.403	—
2	36	1.5754 \pm 0.1132	1.474 –2.163	1.4952
3	35	2.3114 \pm 0.0786	2.165 –2.519	1.4671
4	41	3.4850 \pm 0.2219	3.218 –4.232	1.5077
5	15	4.5453 \pm 0.1725	4.297 – 4.773	1.3042

4.5 Identificación del parasito

No se registró parasitismo sobre los huevos y larvas de *P. multicaudata* recolectados en las dos localidades estudiadas en 2016, sin embargo, la totalidad de las pupas expuestas a parasitismo en Santa Cruz Azcapotzaltongo, una de 10 en Agua bendita, Timilpan y cinco recolectadas de campo en Santa Cruz Azcapotzaltongo, fueron parasitadas por el endoparasitoide gregario *Pteromalus* cf. *puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae), lo que representa el primer reporte de *Pteromalus* cf. *puparum* asociado con las pupas de *P. multicaudata* en México. Todos los especímenes recolectados se encuentran depositados en el Insectario de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México.

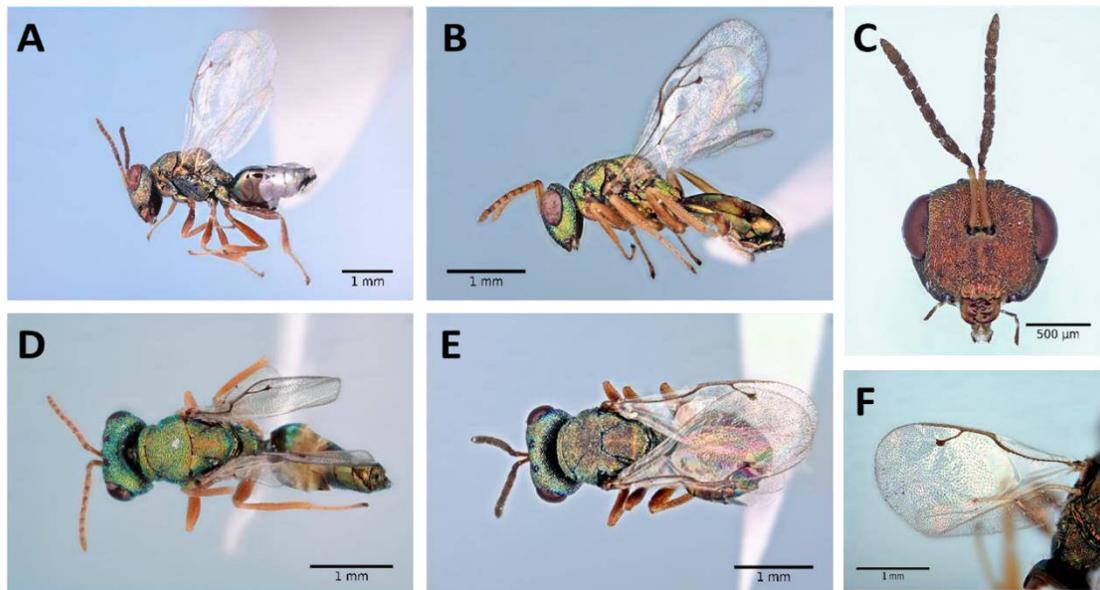


Figura. 14. *Pteromalus puparum* . A. Vista lateral macho. B. Vista lateral hembra. C. Cabeza. D. Vista dorsal macho. E. Vista dorsal hembra. F. Ala anterior

Los caracteres morfológicos distintivos de *P. puparum* son mencionados por Askew y Shaw (1997) y Baur (2015) y coinciden con los especímenes recolectados en el presente estudio, excepto en la coloración de las patas: en *P. puparum* son de color marrón oscuro, mientras que los especímenes obtenidos las presentan de color marrón pálido (Figura 14); la diferencia en la coloración de las patas puede atribuirse como una variante natural inducida por el sitio geográfico o por tratarse de *Pteromalus cassotis* Walker, nativo de América y que de acuerdo con Stenoien *et al.* (2015), ha sido mal identificado como *P. puparum*; además existen evidencias que señalan a *P. cassotis* asociado con pupas de Papilionidae americanos como *Papilio polyxenes* Fabricius y *P. cresphontes* Cramer (Schaffner y Griswold 1934, Burks 1979). En México, son escasas las evidencias con respecto a la presencia verídica de *P. puparum* parasitando lepidópteros, excepto el reporte de Marín y Bujanos (2001) que mencionan a *P. puparum* asociado con pupas de *Pieris brassicae* (L.), sin embargo, estos autores incluyen a esta especie en la familia Eulophidae.

4.6 Parasitismo

Pteromalus cf. puparum arribó sobre las pupas a partir del segundo día de exposición a las 08:15 h; contabilizando una avispa hembra con frecuencia y máximo tres, interactuando sobre una pupa por un periodo de entre 1 a 5 horas. En Santa Cruz, Azcapotzaltongo se observó una prepupa de *P. multicaudata* no incluida en este estudio (origen silvestre) con tres hembras de *P. cf. puparum* desplazándose sobre su cuerpo durante 8 horas (11:23 – 19:37 h), posiblemente, esperaban el cambio de larva a pupa de este espécimen para posteriormente

realizar la parasitación. Takagi (1985) reportó un comportamiento similar en *P. puparum* sobre las prepupas de *P. xuthus* L., ejemplificándolo como un caso de forosis. En este estudio, *P. cf. puparum* realizó la oviposición en las partes no esclerosadas del área intersegmental entre el tórax y abdomen de la pupa. *Pteromalus cf. puparum* mantuvo su actividad hasta las 18:35 h, sin embargo, se registró un caso de dos avispas hembra que permanecieron sobre una pupa hasta las 20:20 h. Finalmente, a partir del séptimo día de exposición, no se registró presencia de *P. cf. puparum* sobre las pupas de *P. multicaudata*.

Las larvas del pteromárido consumieron la totalidad de los tejidos y órganos internos de la pupa hospedero. La emergencia de los adultos del parasitoide inició a los 46.15 ± 7.99 días después de la oviposición, con un rango de 39 –53 días (N = 13 pupas) durante octubre a noviembre. Las avispas masticaron la pared interna de la pupa hacia el exterior (Figura 8) y la abandonaron en un periodo de tiempo entre 1 a 7 días, a través de uno o hasta tres orificios. El número de parasitoides emergidos varió desde 7 hasta 498 avispas/pupa; las hembras superaron en número a los machos con una relación hembra: macho (4: 1) ($\chi^2=172.16$, $gl=15$, $p>0.01$) (Cuadro 4). Finalmente se calculó un 39 % de parasitismo sobre las pupas de *P. multicaudata* por *P. cf. puparum*.

Cuadro 4. Número, porcentaje de machos y hembras de *P. cf. puparum* que emergieron de las pupas de *Pterourus multicaudata*.

Pupa	Avispas emergentes/ pupa	Porcentaje de hembras	Porcentaje de machos	Relación ♀:♂
1	19	57.89	42.10	1.37: 1
2	105	81.90	18.09	4.52: 1
3	7	71.42	28.57	2.50: 1
4	42	69.04	30.95	2.23: 1
5	96	90.62	9.37	9.66: 1
6	108	65.74	34.25	1.91: 1
7	202	76.23	23.76	3.20: 1
8	179	84.91	15.08	5.62: 1
9	173	59.53	40.46	1.47: 1
10	167	88.02	11.97	7.35: 1
11	498	68.07	33.93	2.00: 1
12	58	72.41	27.58	2.66: 1
13	74	87.83	12.16	7.22: 1
14	142	90.84	9.15	9.92: 1
15	265	52.07	47.95	1.08: 1
16	168	71.42	28.57	2.50: 1
Promedio	143.93±117.95	74.24±12.18	25.87±12.26	4.07: 1

V. DISCUSIÓN.

5.1 Fluctuación poblacional.

Con respecto a la fluctuación poblacional los promedios máximos encontrados en ambas localidades concuerdan con los resultados de Brown *et al.* (1981) y Tyler *et al.* (1994) los cuales mencionan que el rango de individuos de papiliónidos va desde 10 hasta 100. La diferencia de unidades entre ambos años concuerda con Braga y Rezende (2015) quienes mencionan que la abundancia de los insectos fitófagos específicos es inestable e impredecible.

A pesar de que las condiciones climáticas entre localidades y años no son muy variables las diferencias significativas entre ellas demuestran una necesidad para explorar las interacciones climáticas. Nicole (2016) menciona que el clima local afecta la ocurrencia y los cambios bruscos de la población de mariposas así como la variedad de caminos.

En el 2016 en la localidad de Agua Bendita durante los meses de junio y julio existió mayor número de huevos, posteriormente de agosto a noviembre, disminuyó la oviposición de los adultos y solo permanecieron las larvas eclosionadas de dichos huevos. Al disminuir la temperatura estas se mantuvieron en un lento crecimiento lo cual se vio reflejado en el análisis de correlación.

En el cerrillo, entre el 2016 y 2017 existió un aumento de temperatura de 3.43° C y un decremento de humedad relativa de 3.7% que provocó un aumento de huevos de 7.5 unidades entre ambos años, así como un aumento de 10.65 imagos. Sin embargo el análisis de correlación muestra que el número de huevos y larvas aumentan significativamente al hacerlo la temperatura y humedad.

Según lo observado en campo, en las gráficas y en el análisis de correlación se puede inferir que el aumento de huevos dependen de la temperatura, así como las larvas de la humedad pero la combinación entre el equilibrio de ambas variables aumentan significativamente en ambos estados inmaduros de *P. multicaudata*, además de mantenerlos constantes a lo largo del año.

En los dos años, en ambas localidades, la mayor población tanto de huevos como de inmaduros se encuentran en las estaciones de mayor humedad (temporada de lluvias) mientras que los adultos se mantienen constantes casi todo el año.

Dichos resultados contradicen a Moyers y Cano (2009) quienes enfatizan que muchas especies de mariposas alcanzan la máxima abundancia de adultos durante la estación húmeda en regiones tropicales y durante la estación cálida en ecosistemas templados, probablemente en respuesta a cambios en la fisiología y crecimiento de las plantas, particularmente por la abundancia del follaje nuevo y nutritivo.

Para el caso de Agua Bendita, la temperatura registrada aumentó, entre ambos años, 1.05°C y la humedad disminuyó en un 6.46% lo cual provocó que solo hubiera un incremento mínimo tanto de huevos como de inmaduros de 0.94 y 0.02 unidades respectivamente.

Es posible que la diferencia de unidades entre localidades puede deberse a la competencia que existe en los microhabitat de dicho insecto, debido a que los individuos de Agua Bendita no sobrepasaron los 14 huevos y 16 larvas; al habitar en su hábitat natural existe mayor número de depredadores y por lo tanto también mayor competencia entre espacio y alimento. Shreeve y Mason (1980) señalan que

la estructura de una comunidad de mariposas puede estar determinada por el tamaño y el tipo de hábitat aunque también con la riqueza vegetal del lugar, que fue lo que posiblemente pudo suceder en este caso en comparación en ambas localidades.

También existe la posibilidad que los adultos al ser especies de áreas abiertas que presentan vuelo rápido, mayor termorregulación y ser más activas en horas de mayor intensidad solar tuvieron mayor superficie de vuelo y mayor territorio para esparcir su progenie, abarcando mayor superficie por lo cual esta se distribuyó de manera más homogénea en el bosque de encino y pino, existiendo así menor número de individuos por árbol. Comparado con la localidad del Cerrillo, que al ser una zona urbana, hay menor fauna, no existe competencia ya que hay disponibilidad de alimento y la superficie de vuelo para el adulto es más plana despejada y soleada.

De la Maza (1995), menciona que los movimientos de dispersión llevan a las especies a ampliar su rango de distribución y a evitar la competencia entre los individuos que las componen; suelen incrementarse cuando las poblaciones saturan las posibilidades de sobrevivencia que existen en un lugar dado.

Entonces, la disponibilidad de alimento y los componentes del clima son de los factores más importantes en la fluctuación poblacional de los insectos (Morales *et al.*, 2000) en este caso, fueron factores determinantes para la distribución y abundancia de los diferentes estadios, a pesar que no existió un cambio tan brusco de temperatura, se demostró que las mariposas son excelentes indicadores de las transformaciones antrópicas debido a su sensibilidad a cambios de temperatura, humedad y microclima.

5.2 Biología.

Cabe mencionar que todos los estadios del insecto solo fueron vistos en *Prunus serótina* (Ehnr). (Capulín) aunque diversos autores como Browner, (1958), Cibrián *et al.* (1995) y Ramos *et al.* (2011), señalan que las larvas de *P. multicaudata* tiene un comportamiento polífago al alimentarse sobre *Citrus aurantium* L. (Rutaceae); *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh. y *Ligustrum japonicum* Thunb. (Oleaceae); *Salix* spp. (Salicaceae); *Prunus persicae* (L.) Batsch. y *P. serotina* (Rosaceae) mencionan que los papilios se alimentan solamente de plantas de las familias Rosacea, Oleacea y Rutacea. En contraste Freitas y Ramos (2001) observaron adultos de *Parides anchises nephalion* alimentándose de Rubiaceae, Verbenaceae *Stachytarpheta polyura* y *Lantana cámara* y solo se observaron larvas en *Aristolochia triangularis*.

Vargas (2011), menciona que los lepidópteros diurnos han coevolucionado con sus plantas hospederas teniendo una lucha constante de cambios continuos (presión de selección de una especie a otra y viceversa) por tener la planta con mayor toxicidad y lograr que la mariposa asimile la toxina. Es este tipo de relación se observó en *P. multicaudata* al suponer que necesita toxinas de *P. serótina* para su desarrollo larval y como parte de su sistema de defensa.

Estas toxinas son amigdalina y purasina, alcaloides que al interaccionar con una enzima hidrolítica presente en la saliva, liberan ácido cianhídrico, además la concentración de amigdalinas es mayor en las hojas frescas de capulín que en las secas (Delfin *et al.*, 1996) lo cual concuerda con lo observado en la cría del *P. multicaudata* ya que cuando las hojas se deshidrataban con mayor rapidez estas

eran rechazadas por la larva la cual dejaba de alimentarse hasta que la hojas fuese intercambiada por una fresca.

Por otra parte la mayoría de los papilionidos cuentan con cinco a seis estadios larvales (Vásquez *et al.*, 2006, Urretabiskaya *et al.*, 2010, Segarra *et al.*, 2010). En este estudio *P. multicaudata* presentó cinco estadios larvales y es una de las especies de mariposas más frecuentes durante todo el año, posiblemente por ser una especie muy longeva. Otros papilionidos como *Troides* Hübner 1819, *Pachliopta* (Reakirt 1865), *Graphium* Scopoli 1777, *Battus polydamis* Battus Scopoli 1777 y *Pterourus*= *Papilio* cuentan también con cinco a seis estadios larvales (Vásquez *et al.*, 2006, Urretabiskaya *et al.*, 2010, Segarra *et al.*, 2010, Rajeswari *et al.*, 2017, Madruga y Barros 2011).

Con respecto a la duración del desarrollo de las larvas, especies como *Pterourus polytes* y *P. demoleus*, ocurre en 35.45 y 30.33 días respectivamente con cinco estadios (Revathy y Mathews 2014, Jahnavi *et al.*, 2018); en *P. multicaudata*, el estado larvario es sumamente largo teniendo cinco estadios pero con una duración de 62 días. Cabe destacar que al realizar la cría artificial no hubo traslapes en las mediciones de las capsulas cefálicas ya que se obtuvo las exuvias a lo largo de todo el ciclo. Este comportamiento puede atribuirse al hábitat templado donde se desarrolla a diferencia de las especies anteriores que son comunes en climas tropicales.

5.3 Parasitismo.

Swarno (2009) menciona que el ataque de parásitos a lepidópteros, especialmente a papilionidos no es tan específico ni inusual, al encontrar que

huevos de *Papilio polytes* eran parasitados por *Ooencyrtus papilionis* (Hymenoptera: Encyrtidae). Otro caso de parasitismo en huevos de *Parides ascanius* se registró con *Telenomus* Haliday (Hymenoptera: Platygastridae) (De Souza *et al.*, 2015).

Sin embargo existen parasitoides que comúnmente atacan pupas de papiliónidos, como en esta investigación, y es muy común que se traten de himenópteros, en este sentido Cai *et al.* (2004) encontró en *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) a *Pteromalus puparum*. Gaikwad *et al.* (2011) reportan a *Pteromalus puparum* y *Trichogramma chilonis* en *Papilio polytes polytes*. Por otra parte se encontró a *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) en pupas de *Heraclides anchisiades capys* (De Souza *et al.*, 2013).

Otros lepidópteros como el de las crucíferas (*Pieris rapae* L.), Lasota y Kok (1986) reportan 48.30% de parasitismo sobre sus pupas por *P. puparum*, con un promedio de 52.30 avispas/pupa y una relación hembra: macho 1:1. Razmi *et al.* (2011) calcularon 47.89 % de parasitismo por *P. puparum* en *P. brassicae* con un promedio de 42.36 avispas/pupa, pero en algunos casos contabilizaron hasta 200 avispas/pupa.

Otros estudios señalan a bracónidos como *Apanteles pailionis*, *Apanteles* sp. y *Bracon hebetor* que han sido evaluados en plagas secundarias como *Papilio demoleus* (Krishna *et al.*, 2014). Zitani *et al.*, (1997) reporta a *Meteorus* (Hymenoptera: Braconidae) en larvas de *Papilio anchisiades idaeus* y *Parides sesostriz zestos*.

También se han encontrado dípteros como *Sarcodexia lambens* (Diptera: Sarcophagidae) en pupas de *Heraclides thoas thoas* (Lepidoptera: Papilionidae)

(Graca y Nunes 2014), *Buquetia musca* (Diptera: Tachinidae) en larvas de *Papilio machaon* (Lepidoptera: Papilionidae) incluso se reporta a *Trogus lapidator* (Ichneumonidae) parasitando a dicho papiliónido en estado larval (Kan y Kan, 2015).

Se ha evidenciado que la efectividad de los parasitoides depende, en cierta medida, de la diversidad y abundancia de los hospederos; pero existen otros factores que inciden en el éxito de los parasitoides, entre los cuales se destacan sus requerimientos internos y características de historia de vida (Muriel *et al.*, 2014).

De manera que los parasitoides actúan de una manera significativa en las densidades de adultos de mariposas, encontrando hospederos desde huevos, larvas y pupas. Estos aspectos representan diferentes estrategias de defensa para entender la íntima relación trópica y evolución de lepidóptera (Da Silva *et al.*, 2015).

Debido a la importancia del pteromálido en la mortalidad de pupas de *P. multicaudata*, se requieren de estudios adicionales para determinar su identidad específica, así como la influencia que ejerce en la dinámica poblacional de *P. multicaudata*, defoliador de *Prunus serotina* que de acuerdo con Cibrián *et al.* (1995), está catalogada como una plaga de interés forestal en México.

5.4 Carta de aceptación de revista



05Mar20

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
Ing. Edith Jiménez Galván.

Por medio de la presente hago de su conocimiento que su manuscrito **SWE#3102 versión final** y con nombre "Biología de los Estados Inmaduros y Fluctuación Poblacional de *Pterourus multicaudata* (Kirby 1884)¹ en el Estado de México, México", ha sido **aceptado** para su publicación en la revista Southwestern Entomologist.

Sin más por el momento, quedo de usted para cualquier aclaración o duda.

Atentamente,

Carlos A. Blanco

Carlos A. Blanco, PhD

Editor - Español

Nota
Note

www.biotaxa.org/RSEA. ISSN 1851-7471 (online) Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 79(2): xx-xx, 2020

First record of the parasitoid *Pteromalus puparum* L. (Hymenoptera: Pteromalidae) associated with pupae of *Pterourus multicaudatus* (Kirby) (Lepidoptera: Papilionidae) in Mexico

JIMÉNEZ-GALVÁN, Edith¹, CASTAÑEDA-VILDÓZOLA, Álvaro^{2,*},
SÁNCHEZ-PALE, Jesús R.², AGUILAR MEDEL, Sotero³,
VALDEZ-CARRASCO, Jorge⁴ & CORONADO-BLANCO, Juana M.⁵

¹ Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México.

² Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Estado de México, México. * E-mail: acastanedav@uaemex.mx

³ Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEMéx Tenancingo. Tenancingo, Estado de México, México.

⁴ Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México, México.

⁵ Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

Received 11 - XII - 2019 | Accepted 05 - IV - 2020 | Published 29 - VI - 2020

<https://doi.org/10.25085/rsea.790206>

VI. CONCLUSIONES

1. *P. multicaudata* no es una plaga potencial ya que sus densidades se regulan por si misma a lo largo del año
2. Existe, en su mayoría, una marcada tendencia a correlaciones positivas entre las variables climáticas registradas (temperatura y humedad relativa) con los huevos y larvas de *P. multicaudata*.
3. *P. multicaudata* es muy particular de *Prunus serótina* ya que no se encontró evidencias de oviposición, desarrollo o alimento en otra especie.
4. El parasitoide gregario encontrado en las pupas de *P. multicaudata* fue identificado como *Pteromalus puparum* no es un parasitoide tan específico, por lo cual puede ser mayormente estudiado para sugerirlo como un posible control biológico de lepidópteros plaga
5. *P. puparum* fue encontrado únicamente en inicios de Octubre a Diciembre por lo cual podemos suponer que prefiere bajas temperaturas, lo cual podría confirmarse con estudios posteriores.
6. La relación hembra macho del parasito resulta efectiva para sugerirlo como agente de control biológico (4:1).
7. La interacción entre el lepidóptero huésped y su parasitoide, sugiere el requerimiento de estudios posteriores que evalúen la capacidad de *P. cf. puparum* como un controlador biológico de determinados lepidópteros de interés agrícola y forestal de México.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Allen, J. T, Brock, P.J., Glasberg, J. 2005. Caterpillars in the field and garden. OUP USA. 232 pp.
- Almaraz, A.M.E, Leon, C.J.L. 2014. ¿Es *Ptereorus esperanza* (Insecta: Lepidoptera) un insecto responde a las variaciones de temperatura en un bosque de niebla? *Entomologia Mexicana* 1:486-490.
- Álvarez, G.H, Ibarra, V. A Escalante, P. 2016. Riqueza y distribución altitudinal de las mariposas de la Sierra Mazateca, Oaxaca (Lepidoptera: Papilionoidea). *Acta Zoologica Mexicana* 32(3)
- Askew, R. R., Shaw M. R. 1997. *Pteromalus apum* (Retzius) and other pteromalid (Hym.) primary parasitoids of butterfly pupae in Western Europe, with a keys. **Entomologist's Montly Magazine** 133: 67 –72.
- Baur, H. 2015. Pushing the limits – two new species of *Pteromalus* (Hymenoptera, Chalcidoidea, Pteromalidae) from Central Europe with remarkable morphology. *Zookeys* 514: 43–72.
- Beutelspacher, C. R. B. 1975. Notas sobre el suborden Rhopalocera (Lepidoptera) de las Minas, Veracruz. *Revista de la Sociedad Mexicana de Lepidopterología* 11:11–20
- Braga L., Rezende D.I. 2015. The abundance of specialist and generalist lepidopteran larvae on a single host plant species: Does spatial scale matter. *Florida entomologist*, 98(3): 954–951.

- Brown K. S. Jr., Damman A. J. Feeny P. P. 1981. Troidine swallowtails (Lepidoptera: Papilionidae) in southeastern Brazil: natural history and foodplant relationships.
- Browner P. L. 1958. Larval Food plant specificity in butterflies of the *Papilio glaucus* group. The Lepidoterist's News 12(3-4): 103-114.
- Burks, B. D. 1979. Pteromalidae. Pp. 768-835. In Krombein, K. V.; P. D. Hurd, Jr.; D. R. Smith, B. D. Burks, (eds). Catalog of Hymenoptera in America North of Mexico 1:809 Smithsonian Institute Press, Washington, DC, xvi-1198.
- Butterflies of America. 2015. butterfliesofamerica.com.mx/Papilionidae/Ptereorus-multicaudata-multicaudata/ Two-tailed Tiger Swallowtail (Xochiquetzal) [Consultada 06 de junio de 2016].
- Cai J, Ye G.Y, Hu C. 2004. Parasitism of *Pieris rapae* (Lepidoptera: Pieridae) by a pupal endoparasitoid, *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae): effects of parasitization and venom on host hemocytes. Journal of Insect Physiology 50(4):315-22. 4
- Carrero-Sarmiento, D. A. 2013. Fluctuaciones poblacionales del insecto *Dasiops inedulis* (Diptera: Lonchaeidae) en cultivos de granadilla en Boyacá, Colombia. (Tesis: Maestría). Facultad de Ciencias, Escuela de Postgrados Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia. 71p.
- Chapman, R. F. 1998. The Insects Structure and Function. 4th Edition. Cambridge. University Press, England. 374 p.
- Cibrián T., J., Méndez M. M. T., Campos B. R., Yates III H. O. Flores L. J. E. 1995. Insectos forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, 453 p.

- Cortez M.H, García G.F, Guzman L.A. 2014. Conservando la mariposa (*Danaus plexippus* L) conservando enemigos naturales de plagas. Rev. Chapingo ser.cienc.for ambient Vol.20 No. 3. Pp 247-253.
- Coto A. D. 1998. Estados inmaduros de insectos de las ordenes Ocoleptera, Diptera y Lepidoptera: manual de reconocimiento. Editorial CATIE. Pp 153.
- Da Silva N.A.P, Lepesqueur C, Rodrigues S.A, Castanheira M.H. 2015. Biology of the immature stages of *Strymon crambusa* (Lycaenidae, Theclinae) on Oxalidaceae. Revista Brasileira de Entomología.
- De la Cruz L.J. 2005. Entomología: Morfología y fisiología de los insectos. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira. pp 220.
- De la Maza E.R.G. 1995. La monarca del vuelo. Revista Ciencias No 37 pp 4 -18
- De la Maza, R. R, De la Maza. 1976. La mariposa y sus estilizaciones en las culturas Teotihuacana y Azteca. Revista Sociedad Mexicana de Lepidopterología. 2(1): 39-48
- De Souza S. de A. G, Loiacono M.S, Margaria C.B, Ferreira M.R. 2015. A new species of *Telenomus* Haliday (Hymenoptera: Platygasteridae) egg parasitoid of *Parides ascanius* (Cramer) (Lepidoptera: Papilionidae) a threatened species from Brazil. Zootaxa 3986 (3) : 387-392.
- De Souza T.W, Alvarenga S.M, Hendrik M.H.O, Melo P.J.C, Zerrao J.E, Cola Z.J. 2013. Emergence of *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle, 1993 (Hymenoptera:Eulophidae) from Pupae of *Heraclides anchisiades capys* (Hübner, [1809]) (Lepidoptera: Papilionidae) in the Laboratory. Folia Biologica. (Kraków),vol.61. No 3-4.

- Delfín A. I, Chino V. S. y Gama F. J. L. 1996. Plantas de Ornato y Comestible: ¿Inocuas?. Resumen de Ponencias del Primer Congreso Nacional de Plantas Medicinales de México, Tlaxcala, Tlax., pp: 71–73
- Dyar, H.G. 1890. The number of molts of lepidopterous larvae. *Psyche* 5:420–422
- Ehrlich R. P y Raven H. Peter. 1964. Butterflies and Plants: A Study in Coevolution. Vol. 18, No. 4. pp. 586–608.
- Esperk, T., T. Tammaru and S. Nylin. 2007. Intraspecific variability in number of larval instars in insects. *Journal of Economic Entomology* 100(3): 627–645.
- Flores H. J. 2011. Listado preliminar de mariposas diurnas de Cholula. *Elementos: Ciencia y Cultura*. 83. 25–28.
- Freitas A.V.L. Ramos R.R. 2001. Population Biology of *Parides anchises nephalion* (Papilionoidea) in a coastail site in southeast Brazil. *Braz. J. Biol.* 61(4): 623–630.
- Gaikwad S.M, Muniv Y.S, Chavan J.A, Bhawane G.P. 2011. Population Density and Natural Enemies of *Papiliopolytes polytes* L. (Lepidoptera: Papilionidae). *Biological Forum an International Journal*. 3(1): 41–43.
- García E. 2004. Modificación al Sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Num 6. Pp.98.
- Gerónimo L.V, Sánchez S. S, Bautista M.N, Pérez de la C. M, Mendoza H.J.H.R. 2013. Fluctuación poblacional de *Clastoptera laenata* (Hemiptera: Clastopteridae) en el cultivo del cacao en Tabasco, México. *Fitosanidad* 17(3): 131–137.

- Gonzalez C.M.P, Perez S.G, Chaires H. I. 2012. Revision de las mariposas Papilionoidae y Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea) del Estado de Durango. Revista Entomologia Mexicana. 1465–1469.
- Graca, M. B. C. S., A. L. Nunes G. 2014. Immature stages of *Heraclides thoas thoas* (Linnaeus, 1771) (Lepidoptera: Papilionidae): biology and morphology. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais 9(3): 519–531.
- H. Ayuntamiento de Timilpan. 2003. Plan municipal de desarrollo urbano de Timilpan, Estado de México. Pp 300.
- Hernandez L. R.A, Landeral C. C, Castillo M.L.E, Valdez C. J y Nieto H.R. 2005. Identificación de instares larvales de *Comadia redtenbacheri* (Hamm) (Lepidoptera: Cossidae) Agrociencia 39(5): 539–544.
- Hernández M.C, Vargas F. I, Martínez L.A, Llorente B. J. 2008. Distribución de las mariposas diurnas (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea) del Estado de México, México Rev. Biol. Trop. 56 (3): 1309–1341
- Hernández M.C, Vargas F. I, Martínez L.A, Llorente B. J. 2008. Distribución de las mariposas diurnas (Lepidoptera: Hesperioidea y Papilionoidea) del Estado de México, México Rev. Biol. Trop. 56 (3): 1309–1341
- Huerta P.R.A. 2003. El picudo del tomate de cáscara *Trichobaris championi* Barber (Coleoptera: Curculionidae) en el Altiplano Poblano. Colegio de Posgraduados Montecillo, Texcoco, Estado de México. Tesis para Obtener el grado de Doctor en Ciencias. pp 121.
- Igarashi S. 1984. The Classification of the Papilionidae Mainly Based on the Morphology of Their Immature Stages 34(2):41-96.

- Jahnvi, M., R. A. Ramakrishna and G. Sarada. 2018. Biology and morphology of citrus butterfly *Papilio demoleus* Linnaeus (Lepidoptera: Papilionidae) on acid lime. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 6(1):1556–1561.
- Kan P, Kan B. 2015. Biological observations on *Buquetia musca* (Robineau-Desvoidy) (Diptera: Tachinidae), a parasitoid of *Papilio machaon* Linné (Lepidoptera: Papilionidae). *Filming VarWild, Mars.* pp 1–12.
- Kir'yanov A, Balcazar L.M. A. 2007. Papilionidae and Pieridae Butterflies (Lepidoptera, Papilionoidea) of the state of Guanajuato, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 23, núm. 2, pp. 1–9
- Koppen W. 1948. Clasificación climatologica de W. Koppen. Universidad de la Republica. Facultad de Ciencias. Instituto de Física. Unidad de Ciencias de la Atmosfera pp 6.
- Kremen C., Colwell K., Erwin T.L., Murphy D.D, Noss R.F, Sanjayan M.A. 1993. *Terrestrial Arthropod Assemblages: Their Use in Conservation Planning.* Conservation Biology
- Krishna R.R, Rajanikumari T.V.S, Devaki K, Sarada G. 2014. Extent of parasitisation of Citrus butterfly, *Papilio demoleus* (Linnaeus) (Lepidoptera: Papilionidae) in sweet orange (*Citrus sinensis* Swingle) and acid lime (*Citrus aurantifolia*) Swingle. *Pest Management in Horticultural Ecosystems.* Vol. 20, No. 2 pp 123–126
- Lamas, G. 1981. Pasado, presente y futuro de los estudios sobre mariposas neotropicales en América Latina. *Simp. Conf IV. Congreso latinoamericano de Entomología (Maracay)* 39–57.

- Lamas, G. 2008. La sistemática sobre mariposas (Lepidoptera: Hesperidae y Papilionidae) en el mundo: estado actual y perspectivas futuras. Contribuciones taxonómicas en ordenes de insectos hiperdiversos. Las prensas de ciencias UNAM, México D.F. pp 57–70.
- Lasota, J. A. and L. T. Kok. 1986. Parasitism and utilization of imported cabbageworm pupae by *Pteromalus puparum* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Environmental Entomology* 15: 994–998.
- Llorente, B. J. Luis, M. A., Vargas, F. I. 1993. Biodiversidad de las mariposas: su conocimiento y conservación en México. Rev. Soc. Mex. Historia Natural. Vol Esp (XLIV) 313–324.
- Llorente, B. J. y Luis, M. A. 1993. Conservation-oriented analysis of mexican butterflies: Papilionidae (Lepidoptera: Papilionidae) Biological Biodiversity of Mexico: origin and distributions. Oxford University Press. 147–177p.
- Llorente, B. J., Vargas, F. I., Martínez, A. L., Trujano, O. M., Hernández, M. B. C y Warren, A. D. 2014. Biodiversidad de Lepidoptera en México. Revista Mexicana de Biodiversidad Supl. 85: 353–371.
- Llorente, J. E., Gonzalez. A. N., García, Cordero, C. 1996. Biodiversidad, taxonomía y de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. Instituto de Biología. Facultad de Ciencias. UNAM-CONABIO. Pp 3–14.
- Lopez, E. M. E, Noriega, C. D. H., Nava, A. D., Gonzalez, M. R., Pereyda, H. J., Dominguez, M. V. M., Martinez, A. U., Cruzaley, S. R., Cruz, L. B, Salas. A. E. 2014. Guia para el manejo integrado del aguacate en altas densidades del Estado de Guerrero. INIFAP. pp 74.

- López, G. S., Trejo, L., G. A, Flores, M. A., Cordova, A. M., Sandoval, M. J. C. 2017. Listado de mariposas diurnas (Lepidoptera: Rhopalocera) del zoológico zoofari en Amacuzac, Morelos, México. Entomología Mexicana. Núm 4. pp 473-478.
- Luis, M. A. y Llorente, B. J. 1990. Mariposas en el valle de México. Introducción e Historia. 1. Distribución local y estacional de los papilionidae de la cañada de los dinamos, Magdalena Contreras, D.F, México. Folia Entomología Mexicana 78: 95-198.
- Luis, M. A., J. Llorente. B., Vargas, F. I. y Gutiérrez, A. L. 2000. Síntesis preliminar del conocimiento de papilionidea (Lepidoptera: Insecta) de México. Hacia un proyecto CYTED para el Inventario y Estimación de la Diversidad Entomológica en Iberoamérica: PRIBES-2000.
- Luna, R. M, Llorente, B. J. 2004. Papilionoidea (Lepidoptera:Rhopalocera) de la Sierra Nevada, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) 20(2): 79-102.
- Luna, R. M., Martínez, A. L., Vargas, F. I., Llorente, B. J. 2012. Mariposas del estado de Morelos, México (Lepidoptera: Papilionoidea) Revista Mexicana de Biodiversidad 83 (3): 623-666.
- Madruga, R. O., Barro, C. A. 2011. Ciclo de vida y descripción de estadios inmaduros de *Battus polydamas cubensis* (Lepidoptera: Papilionidae) en Cuba. Solenodon 9: 36-54.
- Marín J., A. R., Bujanos M. 2001. Insectos plaga de brócoli y coliflor y sus enemigos naturales en la región del Bajío, México. Publicación especial núm. 2. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México. 24 p.

- McClellan, Q. C. y Logan, J. A. 1994. Instar determination for gipsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) based of the frequency distribution of head capsule widths. *Environmental Entomologist* 23 (2): 248-253.
- Meléndez, J. E., Cantú, A. C., Estrada, C. A. E., Uvalle, S. J. I., García, J. J., Sanchez, R. U. J. 2017. Mariposas Diurnas (Rhopalocera: Papilionidae y Pieridae) en una selva Baja espinosa caducifolia en condición primaria y secundaria en victoria, Tamaulipas, México. *Entomología Mexicana* 4: 427-433
- Michel, J. 2006. Papilionidae (Lepidoptera) de Nicaragua. *Revista Nicaraguense de Entomología* 66, Suplemento 3: 241
- Morales, E. N., Cola, Z. J., Patrissoli, D. y Sergio, F. A. 2000. Fluctuación poblacional de Scolytidae (Coieoptera) en zonas reforestadas con *Eucalyptus grandis* (Myrtaceae) en Minas Gerais, Brasil. *Rev. Bio. Trop.*, 48(1): 101-107.
- Moyers, A. L. y Cano, S. Z. 2009. Fenología de la comunidad de mariposas diurnas y su relación con la fenología floral de las plantas y otros factores ambientales. *Diversidad de hábitats y ecología de comunidades*. 411-419.
- Muriel, R. S. B., Muñoz, G. J., Restrepo, D. A. 2014. Parasitoidismo de dos especies de mariposas en dos sistemas de producción de café. *Revista Entomologica Mexicana* 40(2): 251-258.
- Naturalista. 2008. Xochiquetzal (*Pterourus multicaudata*). Disponible en: <https://www.naturalista.mx/taxa/68263-Papilio-multicaudata> [Consultada 07 Febrero 2019].

- Nicole, T. M. 2016. The effect of climate on population dynamics of butterflies species across Sotheastern Virginia. College of William and Marie Undergraduate Honors Theses. Paper 956.
- Noyes, J. S. 2018. Universal Chalcidoidea database. World wide web electronic publication. <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>. (accessed 23 July 2018).
- Oñate, O. L., Morrone, J. J., Llorente, B. J. E. 2000. Una evaluación del conocimiento y de la distribución de las Papilionidae y Pieridae mexicanas (Insecta: Lepidoptera) Acta Zoológica Mexicana (nueva serie) 81: 117–132.
- Penco, F. C., Di Iorio, O. R. 2014. Lepidoptera argentina: parte VII: Papilionidae. Biología 2. Mariposas 1. Primera Edición Moron. Vol 7. pp 92.
- Rajeswari, N.B. and Jeyabalan D. 2017. Studies on biology and reproduction of butterflies (family: papilionidae) in Nilgiris Hills, Southern Western Ghats, India. International Journal of Advanced Research in Biological Sciences 4(2): 1–11.
- Ramírez, S.O y Wallace, J.R. 2017. Lepidópteros diurnos de áreas urbanas de Queretaro, México. Entomología Mexicana 4: 503–508.
- Ramos, E. J., Moreno, M. P. J., Vazquez, I. A., Landero, I., Oliva, R. H., Camacho, H. M. V. 2011. Edible Lepidoptera in Mexico: Geographic distribution, ethnicity, economic and nutritional importance for rural people. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 7(2):1–22.
- Razmi, M., Y. Karimpour, M. H. Safaralizadeh and S. A. Safavi. 2011. Parasitoid complex of cabbage large white butterfly *Pieris brassicae* (L.) (Lepidoptera, Pieridae) in Urmia with new records from Iran. Journal of Plant Protection Research 51: 248–251.

- Revathy, V. S. and Mathew, G. 2014. Identity, biology and bionomics of the Common Mime Chilasa clytia Linnaeus (Lepidoptera: Papilionidae). Journal of Threatened Taxa 6(14): 6719–6722.
- Rocha, P. M. A y Padron, C. J. E. 2009. El cultivo de los cítricos en el Estado de Nuevo Leon. Libro Cientifico No 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CIRNE. Campo Experimental General Terán, México. Pp 485.
- Ruiz, C., J. A., E. Bravo, M. G, Ramírez, O. A. D. Báez, G. M. Álvarez, C. J. L. Ramos, G. U. Nava, C. y K. F. Byerly, M. 2013. Plagas de importancia económica en México: Aspectos de su biología y ecología. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. México, 447p
- Sada, M. de la Luz., Madera, F. A. 2011. Guia de mariposas de Nuevo Leon. Fondo Editorial de Nuevo Leon. 46-47 pp.
- Salazar, J. A.; Velez, J. 1991. Mariposas de Colombia. Primera edición. Bogotá. Villegas Editores. 167 p.
- Salinas, G. J. L, Mendez, C., Barrios, M., Pozo, C., Llorente, B. J. 2009. Hacia una síntesis de los papilionoidea (insecta: lepidoptera) de guatemala con una reseña histórica. Zoologia – Taxonomia. Caldasia 31(2):407-440
- Santhosh, S. and S. Basavarajappa. 2017. Record of natural enemies of few butterfly species amidst ecosystems of Chagaramajanar district, Karnataka, India. Research Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences 2: 1 –18.

- Scalco, V. W., De Morais, A. B. B., Romanowsky, H. P. y Mega, N. O. 2016. Population dynamics of the swallowtail butterflies *Battus polystictus* (Butler) (Lepidóptera: Papilionidae) with notes on its natural history. *Neotropical Entomology* 45: 33-43.
- Schaffner, J. V. and C. L. Griswold. 1934. Macrolepidoptera and their parasites reared from field collections in the northeastern part of the United States (Miscellaneous Publication No. 188). US Department of Agriculture.
- Scott, J. A. 1992. The butterflies of North America: a natural history and field guide. Stanford University Press. 584 pp.
- Segarra, C. A. E, Cabrera A. I., Flores, L. L. E., Morales, C. L. 2010. Life cycle and control of the Asian lime swallowtail, *Papilio demoleus* (LEPIDOPTERA: PAPILIONIDAE): a new invasive pest in Puerto Rico. *Journal of Agriculture University Puerto Rico*. 94(1-2): 165-174
- Selfa, J., Anento, J. L. 1997. Plagas agrícolas y forestales. Bol. SEA. No.20. 75-91 pp
- Shiraiwa, K., Cong, Q., Grishin, N. V. 2014. A new *Heraclides swaloitail* (Lepidoptera, Papilionidae) from North America is recognized buy the pattern on its neck. *Zookeys* 468: 85-135.
- Shreeve, T. G y Mason, C. F. 1980. The number of butterfly species in woodlands. *Oecología* 45:414-418
- Stenoien, C., S. McCoshum, W. Caldwell, A. De Anda, and K. Oberhauser. 2015. New Reports that Monarch Butterflies (Lepidoptera: Nymphalidae, *Danaus plexippus* Linnaeus) are Hosts for a Pupal Parasitoid (Hymenoptera:

- Chalcidoidea, *Pteromalus cassotis* Walker). Journal of the Kansas Entomological Society 88: 162– 166.
- Swarno 2009. Population dynamic of the swallowtail butterfly, *Papilio polytes* (Lepidoptera: Papilionidae) in dry and wet seasons. Biodiversitas 11 (1): 19–23
- Takagi, M. 1985. The reproductive strategi of the gregarious parasitoid, *Pterimalus puparum* (Hymenoptera: pteromalidae) 1. Optimal number of eggs in a single host. Ooecologia 68:1–6.
- Triplehorn, C. H. and Johnson N. F. 2005. Borror and DeLong's to the study of insects. Brooks/Cole (Ed.). Belmont, CA, USA. 864p
- Tyler, H., Brown, Jr K. S., and Wilson, K. 1994. Swallowtail butterflies of the Americas: a study in biological dynamics, ecological diversity, biosystematics, and conservation. ScientiPc Publishers, Gainesville, FL.
- Urretabizcaya, N, Vasicek, A, Saini, E. 2010. Insectos Perjudiciales de importancia agropecuaria: 1. Lepidopteros. Ediciones INTA. 70 pp.
- Vargas, R. G. 2011. Botánica General. Desde los musgos hasta los árboles. EUNED. pp 389–391.
- Vargas, R. y Rodríguez, S. 2013. Dinámica de poblaciones. En: Ripa, R. y Larral P. (Eds.), pp. 99–106. Manejo de plagas en paltos y cítricos. Colección libros INIA No 23. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA Chile.
- Vasquez, J., Rengifo, E., Couturier G. 2006. Ciclo biológico de *Battus polydamas* (Linnaeus) (Lepidoptera: Papilionidae) en la Amazonia de Perú. Rev. Perú entomológica 45: 101–104
- Viejo, M. J. L., González, G. J., Gomez, de A. C. 2014. Biodiversidad de lepidópteros en relación con sus hábitats, formaciones vegetales y flora de Las Marismillas

- (Parque Nacional de Doñana, Huelva, Sur de España). Resultados preliminares. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Biol., 108: 79-101.
- Villado, R. B. 2006. Descripción de las plagas de los cítricos en Tabasco, México. Tesis para obtener título de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. pp 69.
- Wilcox, D. B., Dove, D., McDavid and Greer. 2002. Image Toll for Windwa, Version 3.0 The University of Texas Health Science Center in San Antonio U.S.A.
- Wu L. W, Yen S. H, Lees DC, Lu C.C, Yang P.S, Hsu Y.F. 2015. Phylogeny and Historical Biogeography of Asian Pterourus Butterflies (Lepidoptera: Papilionidae): A Case of Intercontinental Dispersal from North America to East Asia. PLoS ONE 10(10):1-18
- Zitani, M. N, Shaw, R. S, Janzen, H. D. 1997. Description and biology of a new of *Meteorus* Haliday (Himenoptera: Braconidae, Meteorinae) from Costa Rica, parasitizing larvae of *Papilio* and *Parides* (Lepidoptera: Papilionidae). Journal Hymenoptera Reseach. 6:178-185